

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-168863

(43)Date of publication of application : 14.06.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
H01L 21/02
H01L 21/68
// B23Q 41/08
G06F 15/62

(21)Application number : 04-043615

(71)Applicant : TEXAS INSTR INC <TI>

(22)Date of filing : 28.02.1992

(72)Inventor : KRAFT CHRISTOPHER R

(30)Priority

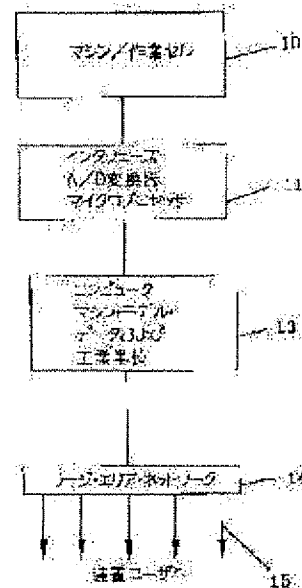
Priority number : 91 663969 ???Priority date : 01.03.1991 ???Priority country : US

(54) DEVICE AND METHOD FOR EXECUTING SUPERVISORY AND CONTROL OF SEMICONDUCTOR MANUFACTURING EQUIPMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To execute the supervisory and control of semiconductor manufacturing equipment by following exact machine utilization degree and machine processing process by supplying the operating parameter of processor to a computer in real time.

CONSTITUTION: While using a real-time input, the important processing process parameter and productivity ability of machine 10 are supervised. In this case, the method is called device mutual operational process control EIPC. An EIPC interface supervises the important parameter of machine through a computer interface 11. Based on a software in a computer 13, the machine 10 can process analog and digital signals and can convert them to industrial units for analysis. In order to measure real machine performance in real time independently of technique used for the machine based on EIPC data, a quantitative machine model 13 can be utilized.



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-168863

(43)公開日 平成6年(1994)6月14日

(51)IntCl ⁵	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
21/02	Z			
21/68	A	8418-4M		
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 0 1 G
		7352-4M		3 6 1 Z
審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 13 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平4-43815

(22)出願日 平成4年(1992)2月28日

(31)優先権主張番号 6 6 3 9 6 9

(32)優先日 1991年3月1日

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 590000879

テキサス インストルメンツ インコーポ
レイテッド
アメリカ合衆国テキサス州ダラス、ノース
セントラルエクスプレスウェイ 13500

(72)発明者 クリストファー アール、クラフト
アメリカ合衆国テキサス州シャーマン、ボ
ックス 164ジー8, ルート 4

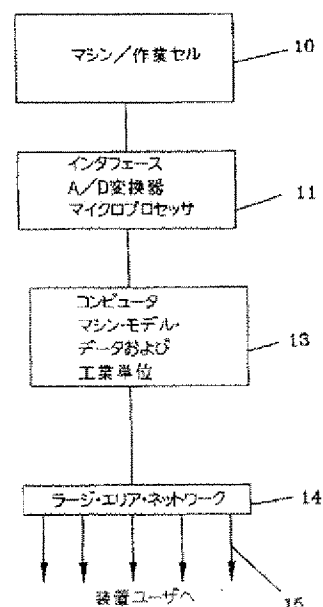
(74)代理人 弁理士 浅村 皓 (外3名)

(54)【発明の名称】 半導体製造装置の監視および制御を実行する装置と方法

(57)【要約】

【目的】 半導体製造工程を精密に監視しかつ制御する包括的な装置と方法を提供する。

【構成】 生産物とマシンのパラメトリック・データを用いた適合モデル工程制御と、リアルタイムの重要装置過渡状態監視による工程制御と、装置過渡状態の重要装置の工程窓作用と、マシン/生産物パラメトリック・データ相関とを用いることにより、生産物処理量が改良される工程制御の装置と方法が得られる。ユーザによって設定された物理的マシン工程処方に独立に、精密なマシン利用度追跡が可能なマシン監視技術が得られる。この装置を用いて、異なる生産物を異なるマシン処方で処理する異なる工場の同等な装置のマシン利用度指数の客観的な解析と比較が可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1つの半導体処理装置を有する半導体処理工程作業セルと、半導体処理装置モデルおよび技術データを有するコンピュータと、前記処理工程作業セルと前記処理装置との間のインタフェースと、を有し、前記コンピュータにリアル・タイムで前記処理装置の動作パラメータを供給する、半導体製造工程を監視しかつ追跡する装置。

【請求項2】 実際のマシン工程パラメータおよび生産物を監視する段階と、理論的マシン工程パラメータおよび生産容量を表す適合モデルを備える段階と、前記実際のマシン工程パラメータおよび生産物を前記理論的マシン工程パラメータおよび生産容量と比較する段階と、前記実際の工程パラメータと前記理論的生産容量との差を識別する段階と、を有する、製造のさいの工程制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、マシン利用度の正確な測定のための装置と方法に関する。さらに詳細に言えば、本発明は、半導体製造工程を正確に監視しかつ制御する包括的な装置と方法に関する。

【0002】

【従来の技術および問題点】 進歩したリソグラフィを用いることは、微小電子装置集積化の重要な因子である。リソグラフィ性能の進歩のためには、集積回路製造に対し大きな投資を必要とする。現在のマシン利用度を最大にして半導体ウエハのコストを小さくするという要請がますます高くなっているため、マシン利用度を正確に追跡することが必要になっている。進歩したリソグラフィ装置の利用度を正確に追跡する包括的な装置と方法を得ることは、多様な技術が関与しているので、今日の市場の競争に負けないために必要である。

【0003】 半導体マシン利用度追跡の種々の方法が、最近、半導体産業に広く用いられている。多くの製造業者はある種の利用度追跡アルゴリズムを使用する。この利用度追跡アルゴリズムは、単位時間当りのマシン利用のパーセントを計算している。これらの装置は、独立形のコンピュータ・ネットワーク装置を通して、手動でデータを入力することを必要とする。このデータの輸入は、典型的には、装置に責任を持っている人、または装置を操作している人、または装置を保守している人によって実行される。場合によっては、これらの人は1人の人でかつ同じ人である。この種のマシン利用度追跡装置は非常に主観的なものであり、そして正確なマシン利用度指数を必ずしも与えるものではない。

【0004】 また別の方法は、定められた時間間隔の間にこのマシンにより処理される良好部品の数を記録し、そして理論的に最良な場合の性能に基づいてマシン利用度を計算する。この種の利用度追跡法には、多くの基本的な問題点がある。この種の利用度追跡法は、このマシンにより処理される混合技術や、装置に再び戻ってくる再加工ウエハや、処理工程中のマシン状態や、または部分品の劣化による特性の変化を十分には考慮していない。紫外線光源のような構成部品劣化それ自身は、マシンの生産能力に大きな影響を与える。紫外線ステップは、ランプ強度の変動を補償するために光積分器を使用し、像平面上に一定のエネルギーを供給するようにシャッタ時間を調節する。したがって、均一強度分布を仮定すれば、ランプの寿命効果による大きな強度現象効果のみが処理量を減少させる。

【0005】

【問題点を解決するための手段】 リアルタイム装置入力を受け取りかつ監視するために、1つの方法と1つの装置インタフェースとが用いられる。リアルタイム入力をういて、マシンの重要な処理工程パラメータおよびその生産能力が監視される。ここでの方法は、装置相互作用的工程制御(EIPC)と呼ばれる。EIPCインタフェースは、コンピュータ・インタフェースを通して、マシンの重要なパラメータ値を監視する。コンピュータの中のソフトウェアにより、マシンはアナログ信号およびデジタル信号を処理することができ、そして解析のために工業単位に変換することができる。EIPCデータにより、ユーザは、マシンに用いられている技術に独立にそしてリアルタイムに、実際のマシン性能を測定するために、マシン製造業者によって作成された定量的マシン・モデルを利用することができる。マシン性能のリアルタイム測定を得ることによって、正確なマシン利用度およびマシン処理工程を追跡することができる。

【0006】

【実施例】 本発明によって得られる技術上の利点および本発明の目的は、本発明の好ましい実施例について、添付図面を参照しての下記説明から明らかになるであろう。新規な特徴は請求の範囲に開示されている。

【0007】 図1は、本発明のインタフェースおよび制御監視装置のブロック線図である。自動工程制御装置を有するマシンまたは作業セル10は、インタフェースおよびアナログ・デジタル変換器11を有する。インタフェースおよびアナログ・デジタル変換器11は「装置監視装置および制御アダプタ」の役割を果たす。インタフェース11は、マシン/作業セルとブロック13のプロセッサとのインタフェース作用をする、マイクロプロセッサを有する。インタフェース11はプロセッサ13に接続される。プロセッサ13は制御ソフトウェアを扱うことができる。例えば、386PCまたは同等なコンピュータであることができ、そして監視される装置の

形式および工業データのためのマシン・モデルを有する。プロセッサ13は、1人または多数人の装置ユーザ15に接続された、ラージ・エリア・ネットワーク(LAN)に接続される。

【0008】図2は、フォトリソ材料で半導体ウエハを被覆する段階と、フォトリソ被覆体の中にパターンを露出する段階と、それから、この被覆体を現像しそして処理する段階とのための、作業セルによる作業工程の詳細図である。作業セル工程を簡単に説明することにより、本発明による監視工程が示され、そして特定の工程がリアルタイムでどのように監視されるか、および装置特性を測定するためにどのようにマシン・モデルと比較されるかが示される。

【0009】作業セルの中の基本的工程順序は次の通りである。半導体ウエハは作業セルの中に入れられる。この作業セルの環境は制御されているウエハはフォトリソ材料で被覆される(20)。ウエハが回転するテーブルの上にある時、この被覆が回転しながら行われる。回転速度およびランプ21、および供給されるフォトリソの量と回転時間が制御される。この時点での重要な工程制御因子は、ブロック22の中に示されている。これらの因子は、フォトリソ膜の厚さと、膜の均一性である。これらが測定され、そして工程調整のために、次の工程モジュールに送られる。

【0010】次に、フォトリソ被覆体を硬化するために、フォトリソが焼き固められる、すなわち、ソフト・ベーク23される。ソフト・ベーク・サイクル24における制御因子は、温度と時間である。重要な因子は再び膜厚である。この膜厚が測定され、そして工程での膜の厚さと均一性とを目標値に近づけるのに必要である可能なパラメータ調整のために、ベーク・モジュールに送られる。

【0011】フォトリソ被覆体がソフト・ベークされた後、ウエハがマスクの下で整合され、そしてこのフォトリソ被覆体が露光26され、フォトリソ被覆体の中にパターンが作成される。露光のさいに重要であるパラメータ27は、露光光線の強度と露光の時間の長さである。露光の前の整合の時、マーク合わせと、分解能と、焦点および歪みとが考慮される。

【0012】本発明で監視されるパラメータの中の2つのパラメータは、エネルギーと強度である。これらは、マシン毎の特性の差を補正するために、次のモジュールに送られる。

【0013】この工程段階において考慮されるべき他の因子28は、フォトリソ膜の厚さと、ウエハ酸化物または金属粒子の基本的形状と、反射率と、フォトマスク寸法とである。

【0014】フォトリソ被覆体と露光された像が現像29され、それにより、パターンによって定められていないフォトリソ被覆体領域が除去される。現像剤

が、ウエハ表面の上に、回転しながら広げられる。現像のさいの因子30は、ランプ速度、回転数、現像剤流量、圧力および霧状化強度である。重要な因子31は、膜の厚さと、膜の均一性と、露光エネルギーである。これらの因子が測定され、そして工程の条件変動を補償するために、現像モジュールに送られる。

【0015】それから、現像されたフォトリソ材料のパターンを硬化するために、ウエハがハード・ベーク32される。ハード・ベークの間、重要な因子は時間と温度33である。考慮されるべき特性34は基本的な粒子構造と、膜の厚さおよび均一性と、ウエハの形状である。

【0016】マイクロエレクトロニクス装置の製造に用いられる大抵のリソグラフィ工程は、紫外線を用いて、シリコン・ウエハの表面上に沈着されたフォトリソの薄い膜に対し、露光が行われる。この作業を実行するのに用いられる装置は、通常、光源の強度の変動を補償するために光積分器を用いて、像平面の対する一定のエネルギー照射量がえられるように露光時間の調整が行われる。

【0017】像平面における均一な強度分布は、良好な露光装置のまた重要な特性の1つである。強度分布の均一性は光源の強度に関係している。したがって、装置が動作する好ましい強度範囲が存在する。

【0018】露光の失敗は、通常、工程の検査段階に到達するまで検出されることなく進行する。露光が実行された後、複数個の工程段階が存在しうる。この種の欠陥が検出されるまでに、かなりの量のウエハが作業セルの中の欠陥露光マシンの中で処理されるであろう。

【0019】図3、図4および図6は、図1のマシン/作業セル10から受け取られ、本発明の装置で利用される、オンライン・データを示す。このデータは処理装置13にリアルタイムに表示され、そして装置ユーザによる利用のために記憶される。

【0020】図3は、1週間(25日から次の月の1日までの1週間)の間の日毎の生産性の記録である。このデータは、リソグラフィ装置NS701~NS708により処理されたEIPCUエハの数に対するものである。それぞれの装置によるウエハ処理の数が日毎に表示され、そして7日間の間に処理されたウエハの総数と、装置の利用のモデル毎のパーセントとが表示されている。このデータはまた、リアルタイム表示で利用可能である。

【0021】図4は、同じ期間にわたって同じ装置で登録された、SMSウエハに対するデータ、すなわち、登録された良品データを示す。

【0022】図5は、同じ装置(NS701~NS708)に対し、理論的マシン性能のモデルによって得られたデータである。処理される毎日のウエハの理論的潜在数と、週に対する理論的処理と、再作業されるウエハの

パーセントとが示されている。再作業・パーセントは、処理される全部品と登録される「良好な」全部品との比のことである。

【0023】本発明は、重要なマシン・パラメータ値を監視しおよびインタフェース作用をする、プログラムを使用する。マシンのリアルタイム測定を行うことによって、マシン利用度およびマシン処理特性が追跡される。

【0024】利用されるモデルは、マシン製造業者モデルに基づいている。下記はニコン精密工業会社によるス

$$N = \frac{3600}{(Ts + Te) \times ne + Ta + Tlsa \times nlsa}$$

【0027】N = 時間当り処理されるウエハ（物理的マシン性能）

★Ts = ステップおよび焦点合わせ時間

Te = 露光時間

ne = 露光数

★Tlsa = レーザ視野整合時間

$$N = \frac{3600}{(ts + Te) \times ne + Ta + (Tega \times nega) + Tcal}$$

【0029】★Tega = エンハンスド・グローバル整合時間

nega = EGA実行の数

★Tcal = 装置変更補償時間

【0030】星印の付いている変数は、NSR1505 G4に対し、製造業者によって定められる。Nは、これらの変数と、変数Te、ne、nlsa、およびnegaとに基づいて計算される。Te、ne、nlsa、およびnegaは技術に依存する。変数Teおよびne

テップおよびリピータ装置製品に対するモデルである。このモデルはニコン1505 G4ステップおよびリピータ装置に対するものである。

【0025】NSR処理能力：フィールド毎およびウエハの全体的整合

フィールド寸法 = 15mm × 15mm

【0026】

【数1】

nlsa = LSA整合の数

★Ta = ワールド・グローバル整合およびウエハ変更時間

NSR処理能力：エンハンスド・グローバル整合

【0028】

【数2】

は、製造業者の明細書および現在のマシン状態とこのマシンで扱われている技術に基づいて物理的マシン特性を正確に計算するために、装置インタフェースを通して、モデル・リアルタイムに入力されなければならない。

【0031】表1は、装置対話式処理制御プログラム（EIPC）によって行われたマシン／処理制御測定を詳細に示す。

【0032】

【表1】

レベル	処理される全ウエハ 時間の単位（24 時間）	平均露光量 (mj/cm ²)	平均露光 強度 (mW/cm ²)	(Te) 露光時間 (ms)	(ne) ウエハ当りの ショット	NEGA
1	095	188.9	753.3	251	78	8
2	142	158.2	751.6	210	78	8
.
.
.
.
.
n	n	n	n	n	n	n
	660	Mw 170.8	Mw 752.5	Mw 226.5	Mw 78	Mw 8

【0033】マシンのおおのは、それぞれ、それ自身の露光基準と整合基準でもって種々のレベルを処理するから、加重平均が計算され、およびTeおよびneに対し製品モデルが変更されなければならない。

【0034】

【数3】

$$Mw_{Te} = \frac{\sum_{i=1}^n (Wp_i \times Te_i \times S/w_i)}{\sum_{i=1}^n Wp_i \times S/w_i}$$

【0035】

【数4】

$$Mw_{ne} = \frac{\sum_{i=1}^n (Wp_i \times S/w_i)}{TWPbn}$$

【0036】ここで

Wp = おおのの指定されたレベルに対し処理されたウエハ（EIPC測定）

s/w = ウエハ当りのショット（EIPC測定）

TWPbn = 検査される各レベルに対し処理された全ウエハの合計

【0037】変更された製造業者のモデルは、マシンを通して処理される技術とは独立に、正確なマシン物理的

利用度を計算するのに用いられる。製造業者のモデルはいまの場合下記ようになる。

【0038】NSR処理能力：フィールド毎およびウエハの全体的整合

フィールド寸法＝15mm×15mm

【0039】

【数5】

$$N = \frac{3600}{\left[\frac{(Ts + \frac{\text{SUM}1-n(Wp \times Te \times s/w)}{\text{SUM}1-n(Wp \times s/w)}) \times \text{SUM}1-n \times Te \times s/w}{\text{TWPbn}} \right] + Ta + (Tlas \times nlsa)}$$

【0040】Nに対して解く。

【数6】

【0041】

$$N = \frac{3600}{\left[\frac{(Ts + \frac{\text{SUM}1-n(Wp \times s/w)}{\text{TWPbn}}) \times \text{SUM}1-n \times Te \times s/w}{\text{TWPbn}} \right] + Ta + (Tlas \times nlsa)}$$

【0042】NSR処理能力：増強された全体的整合

【0043】

【数7】

$$N = \frac{3600}{(Ts + Te) \times ne + Ta + (Tega \times nega) + Tcal}$$

【0044】この時、EGAモデルは下記のようになる。

【0045】

【数8】

$$N = \frac{3600}{\left[\frac{(Ts + \frac{\text{SUM}1-n(Wp \times s/w)}{\text{TWPbn}}) \times \text{SUM}1-n \times Te \times s/w}{\text{TWPbn}} \right] + Ta + (Tega \times nega) + Tcal}$$

【0046】下記の製造業者の定数とマスキング・レベル1～Nに対する付随するEIPC入力変数とを用いて、表示されたデータがモデルの中にもし入力されるならば、正確なマシン物理的利用度を計算することができ

る。このマシン物理的利用度は技術に依存しない。得られたEGA加重平均モデルを用いる。

【0047】

$Ts = 0.42$ 秒

(ニコン固定)

$Te = 0.2665$ 秒

(EIPC測定) [Opt. 0.213秒
800MW/cm²]

$ne = 78$

(EIPC測定)

$TA = 29$ 秒

(ニコン固定)

$Tega = 1.28$ 秒 125mm

(ニコン固定)

$Nega = 8$

(装置/レベル指定)

$Tcal = 2.0$ 秒

(ニコン固定)

$TWP = 660$

(EIPC測定)

フィールド寸法 15mm×15mm

【0048】Nに対して解く。

れた実際の部分の比である。

【0049】

【0053】この時間間隔に対する物理的マシン利用度は

【数9】

【数10】

$$N = \frac{3600}{(0.42 + 0.2265) \times 78 + 23(1.28 + 8) + 2.0}$$

$$\frac{660}{39.69} = 69.3\%$$

【0050】したがって、加重平均に対し $N = 39.40$
69W/H

強度＝752.2MW/cm²

【0051】もし24時間間隔に対し全EIPCウエハ・カウントに660が取られるならば、そしてそれを24で割り算するならば、27.5という平均W/H(時間当りのウエハ)カウントが得られる。

【0052】24時間間隔に対するマシンNS708の物理的利用度は、EIPCプログラム/装置によって監視される時、そのパラメトリック入力条件の下でそのマシンに対する製造業者の指定された特性に対する処理さ

である。数値660/24は、加重された露光時間平均(MwTe)と、検査されるこの時間間隔に対し処理された残りのレベルに対する露光の加重数(MwNe)とが同じであることを仮定する。この例の計算を単純にするために、レベル1およびレベル2のみが平均された。

【0054】このモデルにより、現在の条件の下での実際のマシン利用度と、理想的ランプ条件の下での最適マシン能力とを比較することができる。もしマシンの最大ランプ強度能力が800MW/cm²であるならば、加重されたTeは0.213秒になる。この時、最大マシン

ン物理的能力は40、1W/Hになる。これらの条件の下で、実際の物理的マシン利用度は68、5%にまで小さくなるであろう。

【0055】図6は、近接リソグラフィ・セル生産性解析の棒グラフである。このグラフは24日の期間に対するものであり、この期間に処理されるウエハの数の合計は1910個であり、そして時間当りの平均ウエハ数は80である。この期間の間の自動整合失敗の全体は240ウエハである。失敗の数は棒を横切る線で表されている。この表示は装置コンピュータからオンラインで入手可能である。

【0056】図7は、リソグラフィ日毎処理量を示した、コンピュータからオンラインで入出されるグラフである。処理されるウエハの数が示され、そしてこのリソグラフィ作業セルで処理できる理論的最大ウエハ数と比較される。登録されるSMSウエハ数もまた示されている。グラフの右側に統計データが示されている。

【0057】図8は、処理マシンのおおのに対し利用可能な傾向解析である。図8はマシンNS702に対するものである。ウエハ数、処理された日付および時刻、光強度、および露光を得るのに用いられたエネルギーが示されている。オンライン・エラーが検出されていることを示すために、ウエハ90に対する時刻とエネルギーのエラー・データが示されている。ウエハ#90の悪い露光は露光目盛りを飽和させ、それによりEIPCハードウェア/ソフトウェアによって自動マシン停止が起こる。この故障により、ウエハ#89とウエハ#91との間に45分の停止時間がある。

【0058】図9は、投影リソグラフィ・セルの強度およびエネルギーに対する傾向解析のグラフである。この表示は、装置からリアルタイムに入手可能である。

【0059】本発明の処理制御監視のまた別の例は、半導体ウエハおよびマシン・パラメトリック・データを用いた適合モデル処理制御である。ソフトウェア・プログラムは、この装置に対しエアフェース作用をする1つの装置の中の多くの工程からのデータを併合する。この併合は、装置の要求された利用領域を受け持つウエハ/マシン制御アルゴリズムを用いることによって、行われる。この1つの例が図10に示されている。たとえば、注入装置は、照射量と注入シート抵抗値との間の1n-1n関係を利用する。装置が変更される時、実際に測定が実行されたウエハ・データは、期待された値以下の範囲で開始するであろう。

【0060】期待された値[1n(実際のシート)-1n(期待されたシート)]からのデルタが実行によって特定の傾向を有する時、期待された値からのずれが装置プログラムによって検出される。そして、プログラムは最新のデータにより最良適合アルゴリズムを再計算し(モデルを再適合させる)、新しい係数b'を決定する。動作が「完全処理」からそれ程大きくずれないように

に、もしb'が許容され調整された窓を越えたならば、動作を強制的に停止する処理窓[b(最大)-b(最小)]が定められる。

【0061】(b)の問題を扱うために、プログラムは制御係数の時間的変化を統計的に解析する。このことが図11に示されている。領域(x)は、前記で説明したbからb'へのアルゴリズム・シフトを示す。領域(y)は、急速変化装置/処理シフトを示す。領域(z)は、プログラムにとってあまりにも大きくて(処理窓を越える)補償することができない装置/処理シフトを示し、したがって、装置の動作は停止する。

【0062】図1で示したように、この装置は、ウエハ/マシン・モデルに基づく処理特性を監視し、そして期待されるマシン特性に基づき持続する過渡的窓限界を生ずる。期待されるマシン特性は、このモデルの中に挿入されたフィード・フォワード処理データに基づく。窓限界を生ずるいくつかのプログラムの外へ過渡的にずれると、それは警報シーケンスを開始して、装置オペレータまたは装置技術者に警告を行う。この警報シーケンスは、問題点の診断と解決を支援する。マシン遷移の1つの例が図12に示されている。領域(A)において、その領域の持続時間と、領域の開始時の絶対温度と、線の傾斜とが注目される。領域(B)では、屈曲点の数と、観察される最大温度および最小温度と、その領域の持続時間とのすべてが注目される。プログラム/装置により、実行から実行への装置特性の破局的変動と微妙な変動との両方を識別する方法が得られる。正規状態からの変動がセンサで測定された時、工程の調整をその場で行うことができる。

【0063】装置/プログラムの監視工程のまた別の例として、バイポーラ拡散工程が検査される。装置/プログラムは、拡散された層のシート抵抗値を時間の関数として監視する。垂直NPNトランジスタの一定電流利得を生ずる、ベース拡散接合深さ変動を補償するために、時間が以前に測定されたベース・シート抵抗値の関数として変わる。図13に示されているように、制御アルゴリズムが表示される。図14に示されているように、工程の安定性を示すために、値[(実際のシート)-(期待されるのシート)]が書き込まれる。統計的解析を用いて、装置/プログラムは実行9において規則セット違反を検出し、そしてアルゴリズム係数がbからb'にシフトする。もしb'がb(最大)とb(最小)との間にあったならば、bのb'へのシフトを識別しても動作は処理を持続することができであろう。装置/プログラムはまた、図12の領域(A)の装置過渡的成分傾斜を辿る傾向があるであろう。図14の実行(4)の後、炉制御装置が、部分的にもし故障するならば、図15に示されたように、実行の追跡が表示され、そして図16に示されたように、過渡的領域(A)の傾斜の傾向グラフが表示されるであろう。

【0064】マシンまたはウエハ傾斜傾向グラフだけの統計的解析を用いて、工程シフトが起こったプログラムによる統計的に正しい決定は、実行(9)の後までできないであろう。

【0065】図17～図22は、装置と作業セルの動作の監視ができるためにオンラインが可能な、マシンとウエハの動作の統計を示す。

【0066】図17は、特定の実行番号と、その実行に対する予想されるシート抵抗値と、実際のシート抵抗値と、予想値と実際値との間のデルタ値とを示す。

【0067】図18は1つの例のグラフであり、そして図18は実行によるデルタ・シート抵抗値のプロットを示すのに用いられる。

【0068】図19は、実行によってモデル・シート抵抗値を予想するために、デルタ値でプロットされたウエハ測定値である。

【0069】図20は、正規サイクルとエラー・サイクルを示す温度サイクル実行の要約である。

【0070】図21は図20の領域bに対する温度傾斜の追跡を示したものであって、マシンの誤動作による傾斜の降下を示す。

【0071】図22は、マシン誤動作がコンピュータによって検出される時を示した、炉追跡グラフである。炉TH403に対し、ロット番号9222029-48とロット番号9222011-48が作用を受ける。2つのグラフにおけるこの誤動作の生成結果に対しては図19を見よ。

【0072】装置/プログラムは比較と相互関連のためにウエハとマシンの両方の傾向グラフへのアクセスを有し、そしてそれにより、実際のシフトが実行(6)の後に起こったことをより速く統計的に正しく決定する性能が得られる。この時、プログラムは(ウエハとマシンの両方)傾向相互作用マトリックスを解析し、観測されたデータに対する正しい作用経路を選択する。相互関連する傾向のために、この場合の装置/プログラム決定は関連する制御アルゴリズムを(値=a)にするであろう。そして実行6の後、高温処理の持続期間中のゆっくりした検出されない温度上昇を引き起こす装置モードを調査することを、オペレータまたは技術者に命令する。

【0073】ウエハとマシンの両方のパラメトリック・データを結合することによって、そしてそれらを統計的に解析することによって、大抵の処理のドリフトの原因が説明されるだけでなく、ウエハ・パラメータだけまたはマシン・パラメータだけを解析するよりは遙かに円滑に、識別しおよび補正される。

【0074】以上の説明に関し更に以下の項を開示する。

(1) 少なくとも1つの半導体処理装置を有する半導体処理工程作業セルと、半導体処理装置モデルおよび技術データを有するコンピュータと、前記処理工程作業セ

ルと前記処理装置との間のインタフェースと、を有し、前記コンピュータにリアル・タイムで前記処理装置の動作パラメータを供給する、半導体製造工程を監視しかつ追跡する装置。

【0075】(2) 第1項において、処理装置アナログ・データを変換しかつ前記データを前記コンピュータに供給するためのアナログ・デジタル変換器を前記インタフェースが有する、前記装置。

【0076】(3) 第1項において、前記コンピュータが前記処理装置のマシン・モデルを表すコンピュータ・ファームウェア/ソフトウェアを有する、前記装置。

【0077】(4) 第1項において、実際の処理装置動作パラメータと、理論的装置動作パラメータと、実際のパラメータと理論的パラメータとの間の差とをリアル・タイムで表示しかつ監視する装置を有する、前記装置。

【0078】(5) 第1項において、複数個の作業/監視ステーションに装置情報を供給するLANネットワークを有する、前記装置。

【0079】(6) 実際のマシン工程パラメータおよび生産物を監視する段階と、理論的マシン工程パラメータおよび生産容量を表す適合モデルを備える段階と、前記実際のマシン工程パラメータおよび生産物を前記理論的マシン工程パラメータおよび生産容量と比較する段階と、前記実際の工程パラメータと前記理論的生産容量との差を識別する段階と、を有する、製造のさいの工程制御法。

【0080】(7) 第6項において、重要なマシン過渡状態に窓を作成する段階を有する、前記工程制御法。

【0081】(8) 第6項において、マシン工程パラメータの前記監視および比較がリアルタイムで行われる、前記工程制御法。

【0082】(9) 第6項において、実際のマシン工程パラメータの領域を提供しかつその範囲内でマシンが動作すべきである生産物産出力の領域を提供する段階を有する、前記工程制御法。

【0083】(10) 第9項において、実際のマシン工程パラメータの必要なパラメータ領域を支配する制御アルゴリズムを用いる段階を有する、前記工程制御法。

【0084】(11) 第6項において、マシンの動作中において工程パラメータ・データを保持する段階と、受入れ可能な制御パラメータおよび実際の工程パラメータと理論的工程パラメータとのデルタ・シフトを決定するために、実際の工程パラメータと理論的工程パラメータとを比較する段階と、期待される値より大きなデルタ・シフトを検出する段階と、新しい制御パラメータを決定するために最新の保持された工程パラメータ・データから最適化アルゴリズムを計算する段階と、を有する、前記工程制御法。

【0085】(12) 第11項において、もし前記制

御パラメータが予め定められた値を越えるならば動作を停止する段階を有する、前記工程制御法。

【0086】(13) 第11項において、前記デルタ・シフトの原因を解析する段階を有する、前記工程制御法。

【0087】(14) 第6項において、工程パラメータの差の統計的解析を提供する段階を有する、前記工程制御法。

【0088】(15) コンピュータ装置に対する製造装置のインタフェース作用を行う段階と、前記インタフェース作用により、工程を制御するために必要な重要なマシン・パラメータのリアルタイム・データ取得を提供する段階と、前記重要なマシン・パラメータを工業単位に変換するためのアルゴリズムを用いる段階と、工業単位の前記重要なマシン・パラメータを表示・記憶装置に表示する段階と、を有する、製造装置特性の装置に独立なリアルタイムの解析を提供する方法。

【0089】(16) 第15項において、前記重要なマシン・パラメータをモデルに基づくマシン・パラメータと比較する段階と、前記モデルに基づくマシン・パラメータに基づき過渡的窓限界を持続的に発生する段階と、重要なマシン・パラメータが前記過渡的窓限界の外側にある時警報を発生する段階と、を有する、前記方法。

【0090】(17) 第15項において、前記重要なマシン工程パラメータの成分を前記モデルに基づくマシン・パラメータと共に可視表示する段階を有する、前記方法。

【0091】(18) 第15項において、前記アルゴリズムが製造業者のマシン・モデルに基づいている、前記方法。

【0092】(19) 第16項において、マシン・パラメータのシフトを決定するために重要なマシン・パラメータの傾向を解析する段階を有する、前記方法。

【0093】(20) 第19項において、マシン・パラメータの傾向解析のリアルタイム表示を提供する段階を有する、前記方法。

【0094】(21) 第15項において、生産物実行番号によって生産物パラメータを追跡する段階を有する、前記方法。

【0095】(22) マシン利用度指数を客観的に解析する段階と、異なるマシン処方をする異なる生産物を処理する同等な装置のマシン利用度指数と前記解析された指数とを比較する段階と、を有する、ユーザによって定められた物理的マシン工程に独立にマシン利用度追跡を監視する方法。

【0096】(23) 生産物とマシンのパラメトリック・データを用いた適合モデル工程制御と、リアルタイムの重要装置過渡状態監視による工程制御と、装置過渡

状態の重要装置の工程作用と、マシン/生産物パラメトリック・データ相関とを用いることにより、生産物処理量の改良が得られる工程制御の装置と方法が開示される。ユーザによって設定された物理的マシン工程処方に独立に精密なマシン利用度追跡が可能なマシン監視技術が開示される。この装置を用いて、異なる生産物を異なるマシン処方で処理する異なる工場の同等な装置のマシン利用度指数の客観的な解析と比較が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の装置インタフェースおよび制御を示すブロック図線。

【図2】ウエハ処理作業セルの工程流れ図。

【図3】1週間の間に処理されたEIPCUエハの日毎生産性のオンライン要約図。

【図4】1週間の間に登録されたSMS半導体ウエハのオンライン要約図。

【図5】1週間の間の理論的マシン生産性図。

【図6】リソグラフィ生産性解析のコンピュータ表示図。

【図7】理論的最大値と、処理されるウエハの数と、登録された良品ウエハの数とを示す日毎処理量図。

【図8】用いられる露光強度とエネルギーの傾向解析図。

【図9】強度とエネルギーの傾向解析図。

【図10】ウエハ・パラメトリック・データを使用する制御アルゴリズム(適合モデル)工程制御に用いられる好ましい利用領域のグラフ。

【図11】図10のアルゴリズム・シフト図。

【図12】本発明の装置の監視されるデータ図。

【図13】ベース拡散に対するシート抵抗値を時間の関数として監視するのに用いられる制御アルゴリズムのグラフを示す図。

【図14】図13の工程において指定された生産実行のウエハ測定モデル予測からの偏差図。

【図15】図14に見られる工程変動に責任のある炉温度の偏差図。

【図16】図15の領域「A」の偏差の傾斜を表す図。

【図17】シート抵抗値およびデルタ・シート抵抗値の要約図。

【図18】実行によるデルタ・シート抵抗値図。

【図19】生産実行によって記入されたウエハ測定のプロット図。

【図20】温度サイクルに対する実行要約図。

【図21】一連の実行に対する温度傾斜追跡図。

【図22】コンピュータ・エラーを示す炉追跡図。

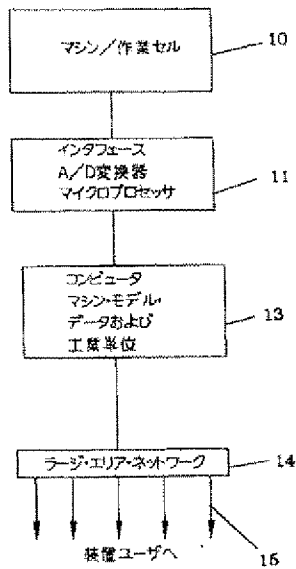
【符号の説明】

10 マシン/作業セル

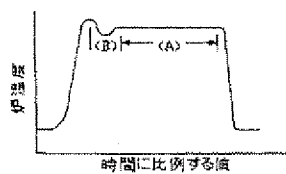
11 インタフェース

13 コンピュータ・マシン・モデル・データ

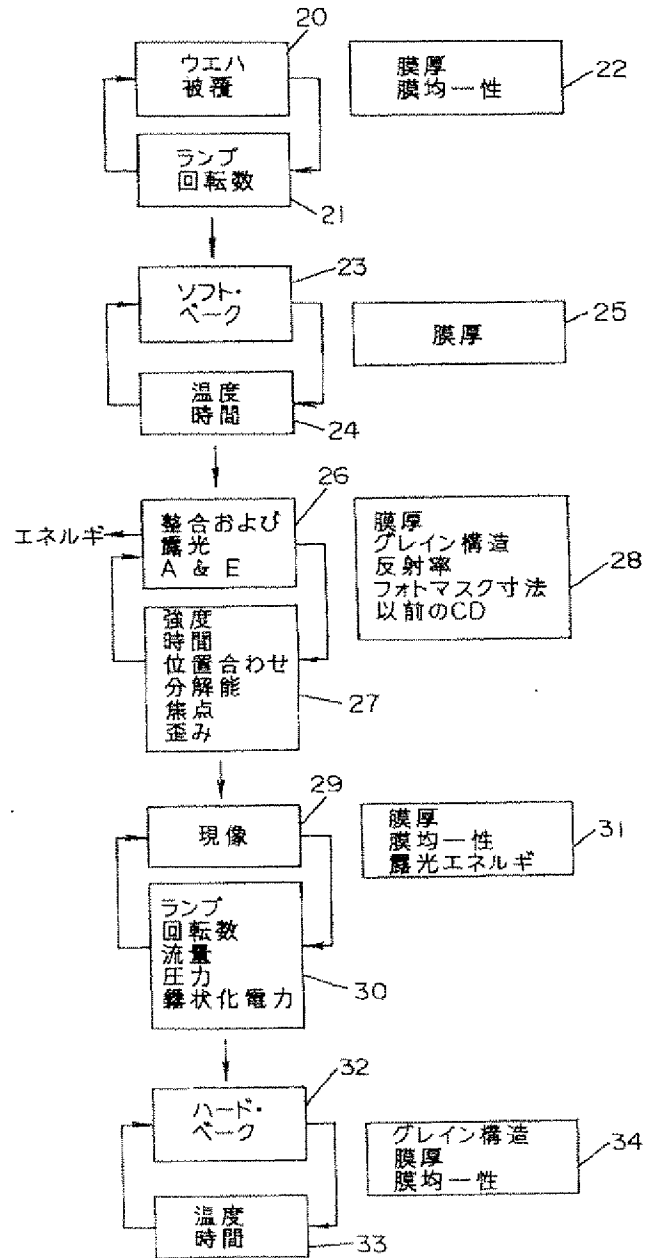
【図1】



【図12】



【図2】



【図3】

ライングラフィ装置
毎日の生産性

処理されるPCウエハ

	25	26	27	28	29	30	1	合計	利用率
NS701	0	256	439	422	601	313	595	2618	47.7%
NS702	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS703	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS704	0	0	0	0	48	0	96	134	2.9%
NS705	0	381	536	529	492	423	0	2361	44.4%
NS706	0	0	379	416	496	324	423	2048	38.6%
NS707	0	410	896	796	769	644	536	4191	73.8%
NS708	0	469	738	747	506	666	823	3961	70.0%

※処理される全部品

【図4】

登録されたSMSウエハ

	25	26	27	28	29	30	1	合計	利用率
NS701	0	143	403	403	410	378	383	2111	38.4%
NS702	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS703	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS704	0	0	0	0	0	0	40	40	1.0%
NS705	0	102	343	576	321	368	273	1983	37.3%
NS706	0	0	127	232	421	446	338	1566	29.7%
NS707	0	235	898	544	981	639	498	3697	65.7%
NS708	0	279	707	562	424	642	753	3367	59.5%

※この期間に対し登録された良好な全部品

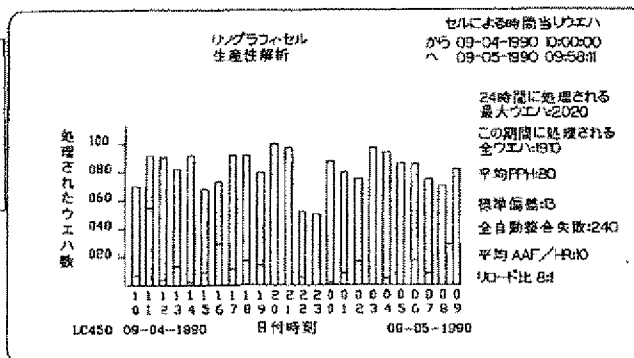
【図5】

理論的マシン性能

	25	26	27	28	29	30	1	合計	リフープ
NS701	0	970	916	908	919	923	921	5494	9.2%
NS702	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
NS703	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
NS704	0	930	919	918	936	6	926	4629	1.9%
NS705	0	893	887	876	878	881	905	5326	7.1%
NS706	0	879	881	974	879	881	880	5274	5.1%
NS707	0	941	937	939	938	938	940	5625	8.1%
NS708	0	943	946	943	945	939	947	5659	10.5%

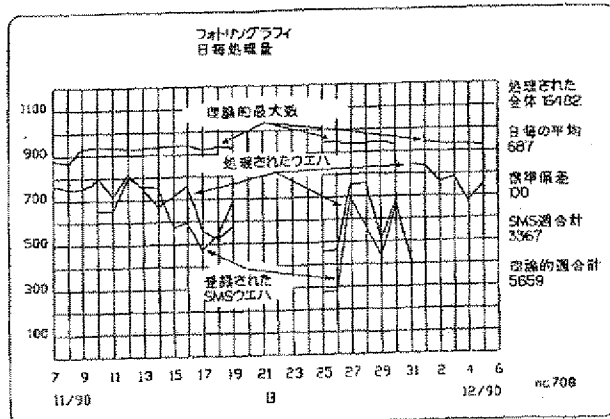
※処理された全部品と登録された良好な全部品との間のデルタ

【図6】



【図7】

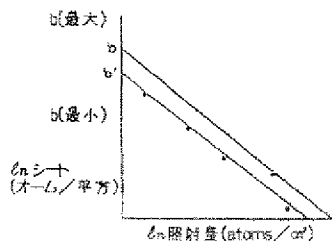
【図8】

傾向解析
NS708 強度

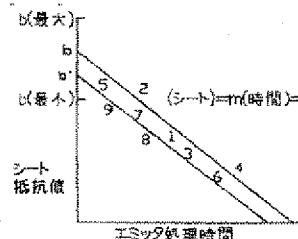
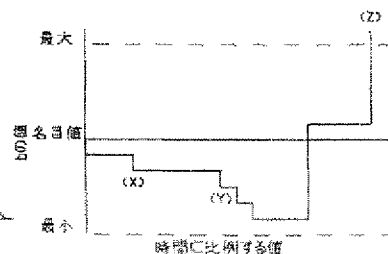
CNT	日付/時刻	強度	エネルギー
75	10/19 11:24:10	373.95	188.34
76	10/19 11:29:34	371.20	185.50
77	10/19 11:29:19	338.08	185.94
78	10/19 11:29:56	342.20	184.79
79	10/19 11:29:38	331.65	182.42
80	10/19 11:27:28	359.82	184.91
81	10/19 11:26:49	345.40	185.52
82	10/19 11:26:32	345.47	187.09
83	10/19 11:09:57	346.01	186.85
84	10/19 11:09:36	373.94	186.97
85	10/19 11:08:52	372.88	185.44
86	10/19 10:56:01	340.06	178.03
87	10/19 10:55:39	372.73	171.94
88	10/19 10:55:26	345.25	172.62
89	10/19 10:55:14	340.21	173.51
90	10/19 09:10:10	275.23	20334.00
91	10/19 10:10:35	368.97	186.05
92	10/19 10:10:12	355.17	183.38
93	10/19 10:09:55	353.32	183.45
94	10/19 10:07:35	319.76	156.68
95	10/19 10:07:16	258.22	164.78

【図13】

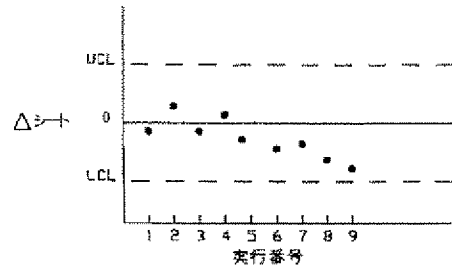
【図10】



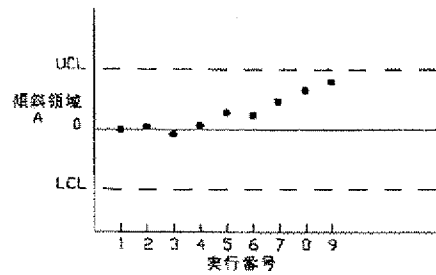
【図11】



【图 1-4】



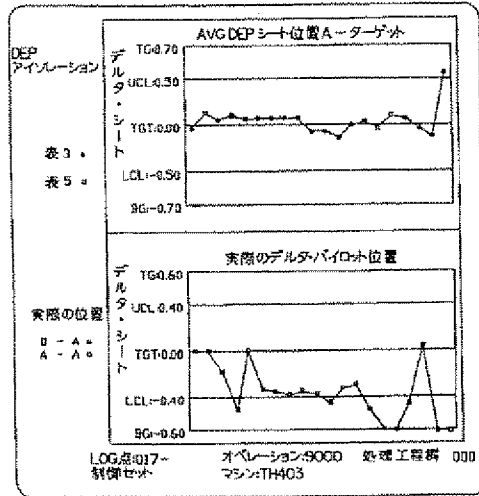
【图 15】



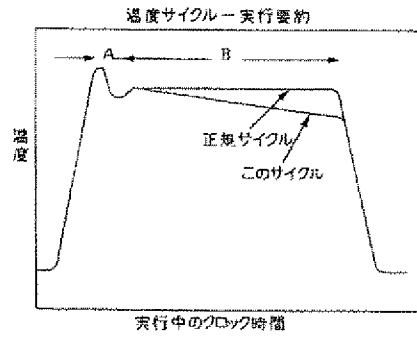
【图 18】

測定値 (X)	抵抗値 (Y)
14	0.000
15	-0.005
16	0.000
17	0.025
18	0.020
19	0.035
20	0.020

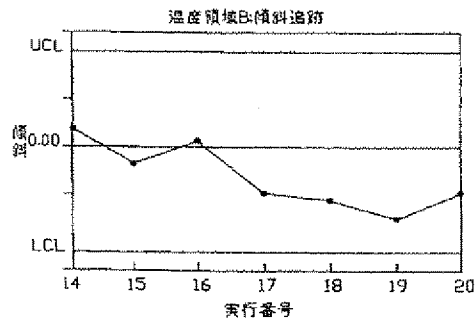
【図19】



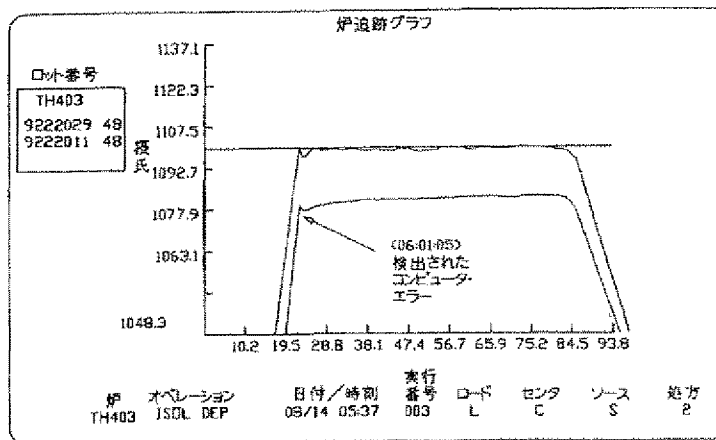
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁵
// B 2 3 Q 41/08
G 0 6 F 15/62

識別記号 庁内整理番号
Z 8107-3C
4 0 5 A 9287-5L

F I

技術表示箇所

Inventive Step and Amendment in the Japanese Practice

Inventive Step

1. Overview

Under Article 29(2) (Lack of Inventive Step) in the Japanese practice, the Examiner can find that a claimed invention lacks an inventive step when all the elements of the invention are known either from the disclosures in the cited references or from widely-known arts. Suppose the claimed invention comprises elements A, B and C, and one cited reference discloses elements A' and B' (corresponding to A and B, respectively) and another cited reference discloses element C' (corresponding to C). The Examiner will find that the claimed invention lacks an inventive step if the Examiner determines that it is easy to combine these elements A', B' and C'. The Examiner can consider combining the elements to be easy if the claimed invention and the inventions disclosed in the cited references have a close relationship in either their technical fields or the problems to be solved, or if there is a suggestion in the cited references which would help a person skilled in the art conceive of the claimed invention, etc.

2. Overcoming the objection

First, please review the subject invention and the disclosures of the cited references, and then check if the following arguments can be made:

- 1) A' (see the above example) does not correspond to A, and
- 2) Combining elements A', B' and C' is not easy.

In 2), it is effective to point out any disclosure in the cited references that would prevent or discourage a person skilled in the art from combining the elements ("teaching away"). It can also be effective to argue that combining the elements disclosed in the cited references would not be easy because the problems to be solved in the cited references are quite different from one another or from the problem to be solved in the subject invention.

If it is difficult to make the above arguments, it will then probably be necessary to add a limitation, D, not taught by any of the cited references to the subject claim by amendment.

In all cases, it is effective to reinforce the argument by pointing out that the feature of the invention not taught by the cited references provides an advantageous effect that cannot be obtained with the prior art disclosed in the cited references.

Amendment

In amendment, addition of new matter to the claims, specification or drawings is strictly prohibited. That is, the subject matter of all the amendments must be explicitly described in the claims, specification or drawings as originally filed, or, if not, must be completely self-evident from the descriptions in them. Hence, you need to explain to the Examiner where in the claims, specification or drawings the amendments are supported.

If you have any further questions, please do not hesitate to contact us.

CLAIMS

1. A method of storing information in a database to characterize attributes outputted by different classes of equipment, comprising the steps of:
 - providing a database memory device;
 - storing in the database memory device a plurality of attribute data records, wherein the step of storing each attribute data record includes:
 - storing in that record a first field identifying a class of equipment,
 - storing in that record a second field identifying an attribute whose value is outputted by the class of equipment identified by the first field of that record, and
 - storing in that record a third field specifying an ID which the class of equipment identified by the first field of that record assigns to the attribute value identified by the second field of that record.
2. The method of claim 1, wherein, for each attribute data record, the ID stored in the third field uniquely specifies the attribute stored in the second field for the class of equipment stored in the first field.
3. The method of claim 1, wherein, for each attribute data record, the ID stored in the third field uniquely specifies a command in response to which the class of equipment stored in the first field outputs the attribute stored in the second field.
4. The method of claim 1, wherein, for each attribute data record, the ID stored in the third field uniquely specifies a command such that, in response to the class of equipment stored in the first field receiving said command, said class of equipment outputs the attribute stored in the second field.
5. The method of claim 1, wherein, for at least one attribute data record, the step of storing the second field further includes the step of:
 - storing a fourth field identifying a position of a chamber connected to the class of equipment

identified in the first field.

6. The method of claim 1, wherein, for each attribute data record, the first field identifies at least one model of equipment.

7. The method of claim 1, wherein, for each attribute data record, the first field identifies at least one version of equipment.

8. The method of claim 1, wherein, for at least one attribute data record, the step of storing the first field includes:

storing a first subordinate field that identifies a model of equipment; and

storing a second subordinate field that identifies a version of the model of equipment

identified in the first subordinate field.

9. The method of claim 1, wherein, for at least one attribute data record, the step of storing the first field includes:

storing first and second subordinate fields that collectively identify a range of versions of an equipment model.

10. The method of claim 9, wherein the first and second subordinate fields respectively identify a first version and a last version in said range of versions.

11. The method of claim 1, wherein, for at least one attribute data record, the step of storing the first field includes:

storing first and second subordinate fields that collectively identify a range of revision dates of an equipment model.

12. The method of claim 11, wherein the first and second subordinate fields respectively identify a first revision date and a last revision date in said range of revision dates.

13. The method of claim 1, wherein the step of storing a plurality of attribute database records comprises the steps of:

storing in the database memory a first record including said first field, wherein the first field of the first record identifies a first class of equipment that includes a first model of equipment; and

storing in the database memory a second record including said first field, wherein the first field of the second record identifies a second class of equipment that includes a second model of equipment different from the first model.

14. The method of claim 1, wherein the step of storing a plurality of attribute database records comprises the steps of:

storing in the database memory a first record including said first field, wherein the first field of the first record identifies a first class of equipment that includes a first version of a first model of equipment; and

storing in the database memory a second record including said first field, wherein the first field of the second record identifies a second class of equipment that includes a second version of said first model of equipment, the second version being different from the first version.

15. The method of claim 1, wherein, for at least one of the attribute data records, the attribute identified in the step of storing the first field is a measurement of a process being performed in a semiconductor fabrication process chamber.

16. The method of claim 1, wherein, for at least one of the attribute data records, the attribute identified in the step of storing the first field is an operating condition of a process being performed in a semiconductor fabrication process chamber.

17. A method of storing information in a database to characterize attributes outputted by different classes of equipment, comprising the steps of:

providing a database memory device;

storing in the database memory device a plurality of attribute data records, wherein the step

of storing each attribute data record includes:

- storing in that record a first field identifying a class of equipment,
- storing in that record a second field identifying an attribute whose value is outputted by the class of equipment identified by the first field of that record, and
- storing in that record a third field specifying a conversion parameter that defines a conversion of the value of the attribute identified in the second field into physical units of measurement.

18. The method of claim 17, wherein, for at least one of the attribute data records, the conversion parameter stored in the third field specifies a physical unit of measurement.

19. The method of claim 17, wherein, for at least one of the attribute data records, the conversion parameter stored in the third field specifies a scale factor.

20. The method of claim 17, wherein, for at least one of the attribute data records, the conversion parameter stored in the third field specifies a range of physical values.

21. A diagnostic apparatus for monitoring electronic equipment, comprising:

- a computer-readable data storage device in which a plurality of data records are stored, wherein each data record includes:
 - a first data field that stores data identifying a class of equipment,
 - a second data field that stores data identifying an attribute whose value is outputted by the class of equipment identified by the first field of that record, and
 - a third data field that stores data specifying an ID which the class of equipment identified by the first field of that record assigns to the attribute value identified by the second field of that record; and
- a computer connected to read data from the data storage device.

22. The apparatus of claim 21, further comprising:

a communications interface capable of being connected to receive data from the class of equipment identified in one of the data records;

wherein the computer is connected to read data from the communications interface.

23. The apparatus of claim 21, wherein, for each attribute data record, the ID stored in the third field uniquely specifies the attribute stored in the second field for the class of equipment stored in the first field.

24. The apparatus of claim 21, wherein, for each attribute data record, the ID stored in the third field uniquely specifies a command in response to which the class of equipment stored in the first field outputs the attribute stored in the second field.

25. The apparatus of claim 21, wherein, for each attribute data record, the ID stored in the third field uniquely specifies a command such that, in response to the class of equipment stored in the first field receiving said command, said class of equipment outputs the attribute stored in the second field.

26. The apparatus of claim 21, wherein at least one attribute data record further includes a fourth data field that stores data identifying a position of a chamber connected to the class of equipment identified in the first field.

27. The apparatus of claim 21, wherein, for each attribute data record, the first field stores data identifying at least one model of equipment.

28. The apparatus of claim 21, wherein, for each attribute data record, the first field stores data identifying at least one version of equipment.

29. The apparatus of claim 21, wherein, for at least one attribute data record, the first data field includes:

a first subordinate field that stores data identifying a model of equipment; and
a second subordinate field that stores data identifying a version of the model of equipment identified in the first subordinate field.

30. The apparatus of claim 21, wherein, for at least one attribute data record, the first data field includes:

first and second subordinate fields that store data that collectively identify a range of versions of an equipment model.

31. The apparatus of claim 30, wherein the data stored in the first and second subordinate fields respectively identify a first version and a last version in said range of versions.

32. The apparatus of claim 21, wherein, for at least one attribute data record, the first data field includes:

first and second subordinate fields that store data that collectively identify a range of revision dates of an equipment model.

33. The apparatus of claim 32, wherein the data stored in the first and second subordinate fields respectively identify a first revision date and a last revision date in said range of revision dates.

34. The apparatus of claim 21, wherein the plurality of attribute database records stored in the computer-readable data storage device include:

a first record including said first field, wherein the data stored in the first field of the first record identifies a first class of equipment that includes a first model of equipment; and

a second record including said first field, wherein the data stored in the first field of the second record identifies a second class of equipment that includes a second model of equipment different from the first model.

35. The apparatus of claim 21, wherein the plurality of attribute database records stored in the computer-readable data storage device comprises:

- a first record including said first field, wherein the data stored in the first field of the first record identifies a first class of equipment that includes a first version of a first model of equipment; and

- a second record including said first field, wherein the data stored in the first field of the second record identifies a second class of equipment that includes a second version of said first model of equipment, the second version being different from the first version.

36. The apparatus of claim 21, wherein, for at least one of the attribute data records, the attribute identified by the data stored in the first field is a measurement of a process performed in a semiconductor fabrication process chamber.

37. The apparatus of claim 21, wherein, for at least one of the attribute data records, the attribute identified by the data stored in the first field is an operating condition of a process performed in a semiconductor fabrication process chamber.

38. A diagnostic apparatus for monitoring electronic equipment, comprising:

- a computer-readable data storage device in which a plurality of data records are stored, wherein each data record includes:

- a first data field that stores data identifying a class of equipment,

- a second data field that stores data identifying an attribute whose value is outputted by the class of equipment identified by the first field of that record, and

- a third data field that stores data specifying a conversion parameter that defines a conversion of the value of the attribute identified in the second field into physical units of measurement; and

- a computer connected to read data from the data storage device.

39. The apparatus of claim 38, wherein, for at least one of the attribute data records, the conversion parameter stored in the third field specifies a physical unit of measurement.

40. The apparatus of claim 38, wherein, for at least one of the attribute data records, the conversion parameter stored in the third field specifies a scale factor.

41. The apparatus of claim 38, wherein, for at least one of the attribute data records, the conversion parameter stored in the third field specifies a range of physical values.

42. A data storage medium for storing data that describes one or more attributes of at least one class of equipment, comprising:

a computer-readable data storage medium in which a plurality of data records are stored, wherein each data record includes:

a first data field that stores data identifying a class of equipment,
a second data field that stores data identifying an attribute whose value is outputted by the class of equipment identified by the first field of that record, and
a third data field that stores data specifying an ID which the class of equipment identified by the first field of that record assigns to the attribute value identified by the second field of that record.

43. A data storage medium for storing data that describes one or more attributes of at least one class of equipment, comprising:

a computer-readable data storage medium in which a plurality of data records are stored, wherein each data record includes:

a first data field that stores data identifying a class of equipment,
a second data field that stores data identifying an attribute whose value is outputted by the class of equipment identified by the first field of that record, and
a third data field that stores data specifying a conversion parameter that defines the conversion of the value stored in the second field into physical units of measurement.

44. A computer-readable data storage medium in which is stored instructions executable by a computer to perform method steps for storing database records in a data storage device, wherein:
the method steps comprise the step of storing in a data storage device a plurality of attribute data records; and

said step of storing each attribute data record includes:

storing in that record a first field identifying a class of equipment,
storing in that record a second field identifying an attribute whose value is outputted by the class of equipment identified by the first field of that record, and
storing in that record a third field specifying an ID which the class of equipment identified by the first field of that record assigns to the attribute value identified by the second field of that record.

45. A computer-readable data storage medium in which is stored instructions executable by a computer to perform method steps for storing database records in a data storage device, wherein:
the method steps comprise the step of storing in a data storage device a plurality of attribute data records; and

said step of storing each attribute data record includes:

storing in that record a first field identifying a class of equipment,
storing in that record a second field identifying an attribute whose value is outputted by the class of equipment identified by the first field of that record, and
storing in that record a third field specifying a conversion parameter that defines a conversion of the value of the attribute identified in the second field into physical units of measurement.